大振幅地震動に対する建物の応答性状に関する研究

熊本大学大学院　自然科学教育部土木建築学専攻　修士前期課程1年　田本　祐大

■研究背景

研究背景

地震本部は2020年1月1日を算出基準日として、 30年以内に南海トラフで地震が発生する確率を70～80%としている。南海トラフ地震では、マグニチュード8～9になるとされており設計用地震動を大きく超える。この巨大地震が発生した際の建物の応答性状を評価することを目的とする。

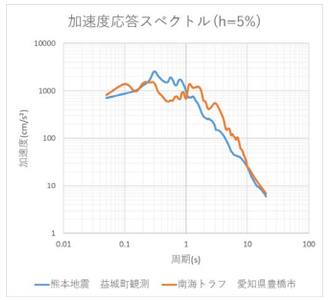
■研究概要

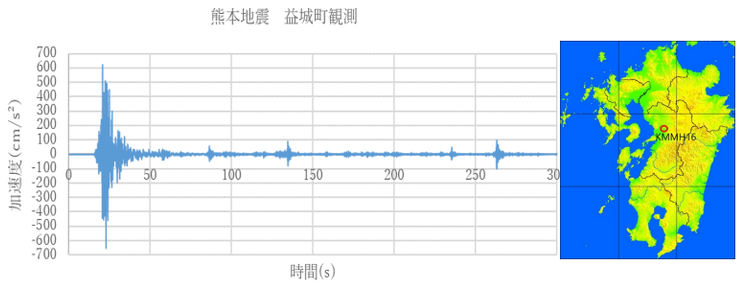
本研究は、既存建物を2次元モデル化し、地震応答解析を行うとともに大振幅領域における建物の応答性状の評価を行う。その際2つの異なる大地震を採用し、建物における応答性状の違いを示す。また、建物も2種類モデル化を行い、建物の高さによる違いも比較していく。用いるプログラムとしては、有限要素法に基づくオープンソースプログラムであるOpensees[1]を用いた数値実験を通して、モデル化した建物に地震波を入力し時刻歴応答解析を行う。

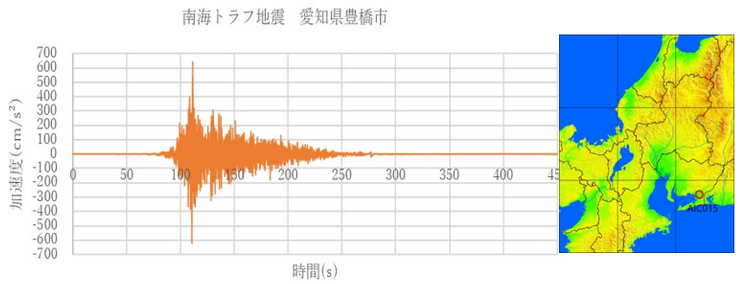
■採用地震動

採用地震動については、2016年4月16日に発生した熊本地震の益城町での観測記録[2]と経験的グリーン関数法により作成した南海トラフ地震[3]の愛知県豊橋市による模擬地震動を用いる。
熊本地震は内陸型の地震、南海トラフ地震は海溝型の地震であり、2つの地震動による建物の応答を比較していく。

加速度応答スペクトル比較





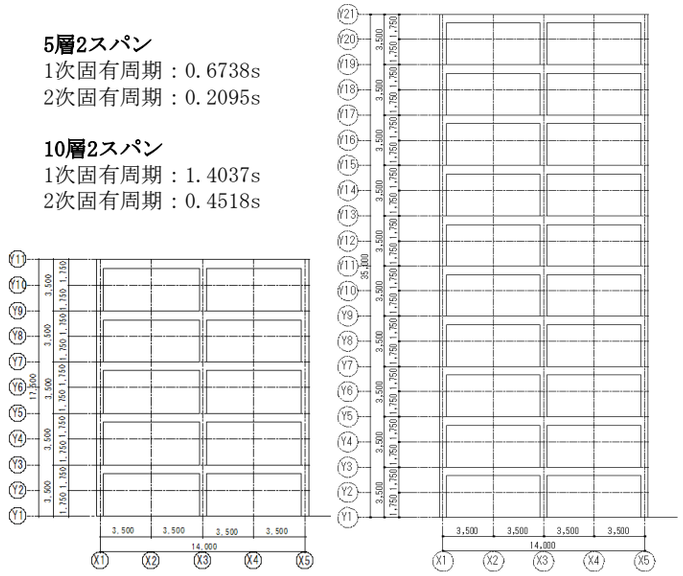


■建物モデル化・解析条件

モデル建物は一般的なオフィスビルを想定した整形な平面を持つ鉄骨純ラーメン構造とする。5層2スパンのラーメン構造、10層2スパンのラーメン構造を用いて解析を行う。両建物とも階高は3.5m、スパンは7m、層重量は350kN/層としている。

5層2スパン
1次固有周期：0.6738s
2次固有周期：0.2095s

10層2スパン
1次固有周期：1.4037s
2次固有周期：0.4518s



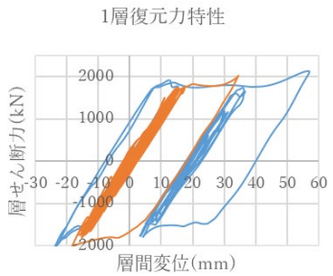
解析条件

- 各階床は剛床仮定が成立するものとする。
- 建物の支持条件は1階柱脚を固定とする。
- PΔ効果を考慮する。
- 減衰はレイリー減衰とし、減衰定数は2%とする。
- 柱梁接合部に質点を仮定する。
- 荷重は集中荷重とし、鉛直荷重を梁端部と梁中央に集中荷重として加える。

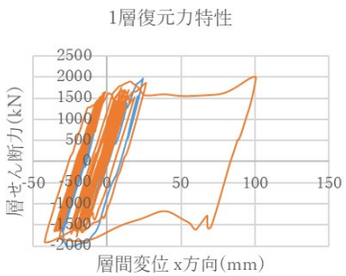
■解析結果　復元力特性

建物の応答評価は層せん断力と層間変形角による復元力特性の関係を用いる。
5層2スパンの建物モデルでは熊本地震を入力した際が塑性率が大きくなっており、10層2スパンの建物モデルでは南海トラフ地震を入力した際が塑性率が大きくなっている。

5層の低い建物では短周期の加速度成分が大きい熊本地震にて共振を起こし、10層の高い建物では長周期の加速度成分が大きい南海トラフ地震にて共振が起きていることがわかる



5層2スパンの建物モデル

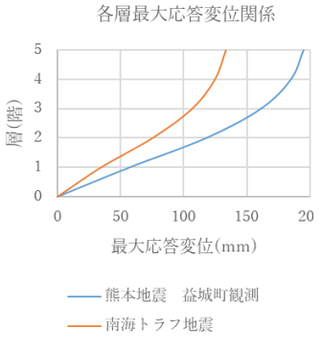


10層2スパンの建物モデル

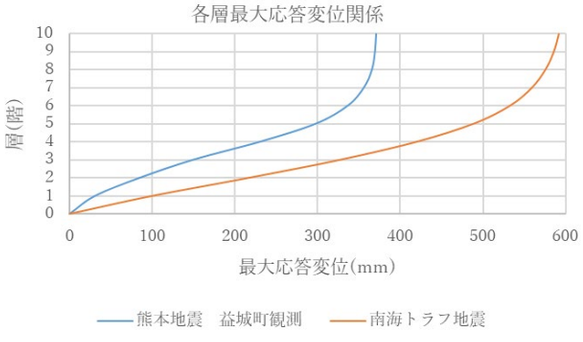
■解析結果　最大応答変位

各層の最大応答変位を比較する。

建物が共振の影響を強く受けると建物全体に鞭振り現象（ホッピング現象）が起きることから、5層の建物では熊本地震にて大きな変位を示し、10層の建物では南海トラフ地震にて大きな変位を示すことがわかる。
また、上層で応答変位が一定に待っていることから、低層部が建物免震層になっていることがわかる。



5層2スパンの建物モデル

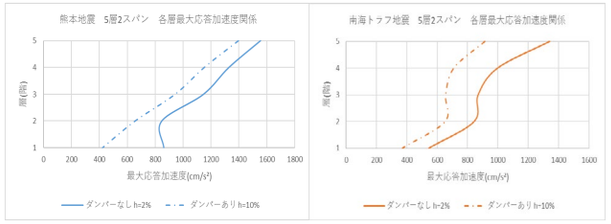


10層2スパンの建物モデル

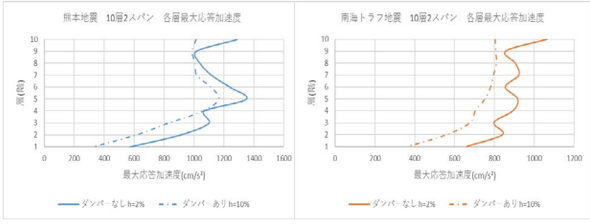
■解析結果　ダンパー付き

同じ建物モデルにダンパーを取り付けたと仮定し、建物自体の減衰定数を10%と大きくしたときの結果を示す。

5層2スパン



10層2スパン



ダンパーの効果は熊本地震のようなパルス性の地震動よりも、南海トラフ地震のような長時間の地震動に対して建物の応答加速度をより低減する。

■まとめ

建物の高さ・地震動の種類によって建物の応答には違いがあることが分かった。設計する際には、応答が大きくなる解析を検討することで、安全側の設計とすることができる。

■今後の展望

現在は設計用地震動を超える地震動が発生した際に、建物の応答を抑えるにはどのような対策が必要であるかを耐震・制振・免震の観点から構造解析を行い比較検討を行っている。

参考文献
[1] https://opensees.berkeley.edu　[2]KiK-net 防災科学研究所
[3] 具典淑，壇一男，宮腰淳一，小穴温子，藤原広行，森川信之：南海トラフ沿いの巨大地震による東海・近畿地方の地震動評価（2019）